



# Chapitre 4: Energie hydraulique





### **3. Energie hydraulique**

**L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes (chutes d'eau, cours d'eau, courants marin, marée, vagues) pour transformer la force motrice de l'eau en électricité. On distingue trois catégories :**





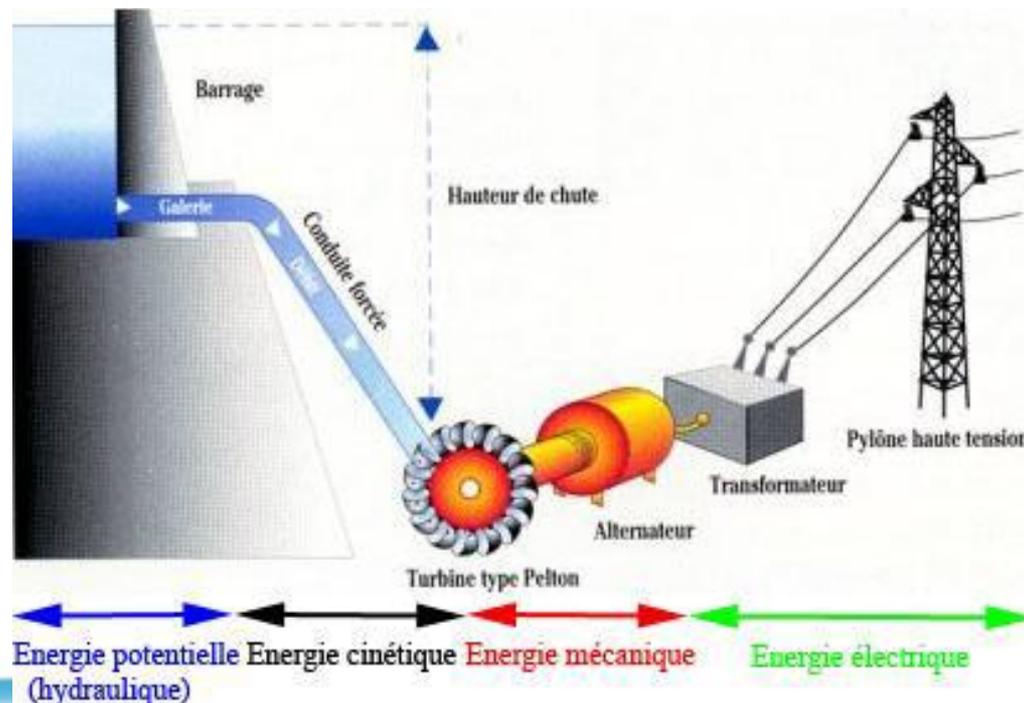
# 1. Barrages hydrauliques.



# Barrages hydrauliques:



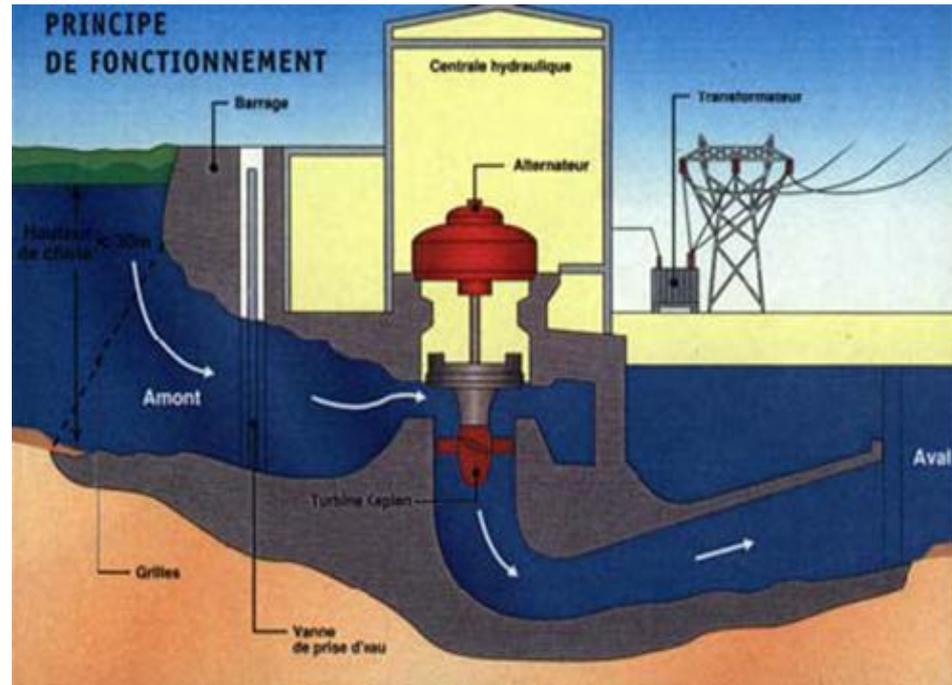
On a (1/5) des besoins en énergie totaux de la terre sont couverts par l'énergie hydraulique. Elle est produite dans le monde entier par environ 45.000 barrages.



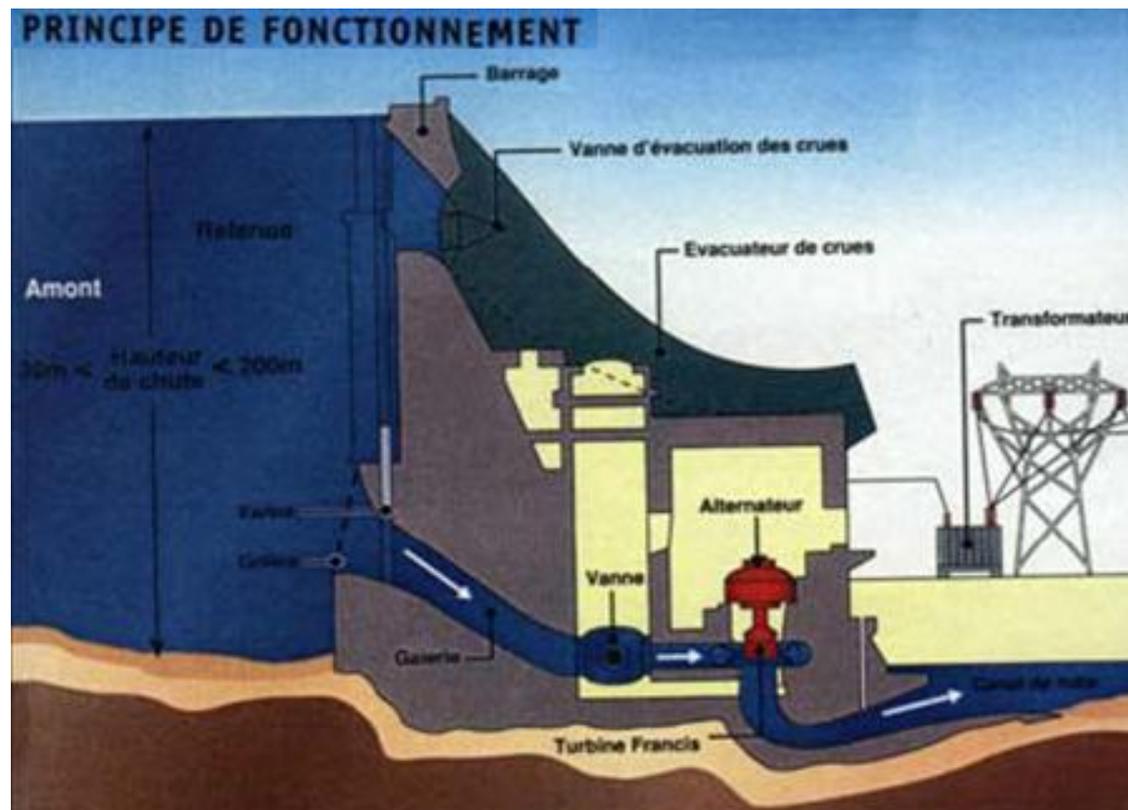


# Les différents types de centrales de barrage hydraulique

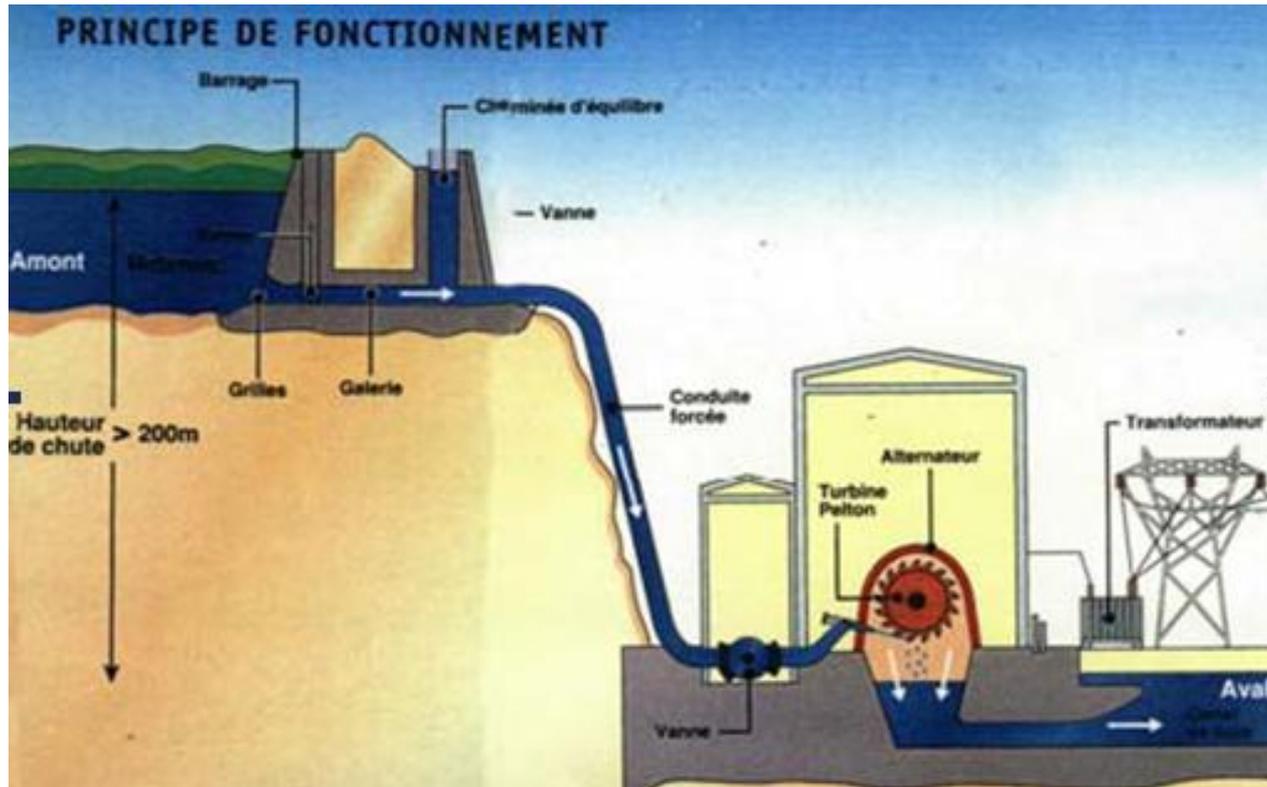
**Les centrales de basse chute** : moins de 40m avec un débit important. Elles produisent sans interruption.



**Les centrales de moyenne chute** : chutes de 30 à 300 m, elles utilisent les réserves d'eau accumulées sur des courtes périodes



**Les centrales de haute chute** : chutes supérieures à 300 m. Leur rapidité de démarrage permet de répondre aux consommations,



La plus grande centrale électrique au monde en Chine. **La Barrage des Trois Gorges** qui produira environ 18'200 mégawatts.



# Introduction



Dans un barrage hydroélectrique on exploite l'énergie mécanique de l'eau. Cette énergie provient de la force de gravitation, c'est-à-dire que, plus la chute d'eau est importante (une hauteur importante) plus l'énergie mécanique sera importante. En effet, on peut considérer que l'eau stocke une énergie potentielle de pesanteur lorsqu'elle est dans la retenue.





Lorsque les vannes sont ouvertes, l'eau s'engouffre dans une conduite, et l'énergie potentielle de pesanteur se transforme en énergie cinétique. Plus l'énergie cinétique de l'eau au niveau de l'alternateur sera importante, donc une plus grande quantité d'électricité sera produite.





➤ **La définition de l'énergie potentielle** est :  $E_p = m g h$

Avec :

W : énergie potentielle en Joules [J]

m : masse de l'eau en Kilogrammes [Kg]

g : accélération de la pesanteur en [m/s<sup>2</sup>]

h : hauteur de la chute d'eau en mètres, [m]

➤ **La définition de la puissance** est :

$$P = E_p / t$$

Avec :

P : puissance utile de la chute d'eau en Watt, [W]

t : durée en secondes [s]

On peut alors calculer la puissance d'une chute d'eau en fonction de sa hauteur et de son débit:

$$P = \frac{E_p}{t} = \frac{\rho V g h}{t}$$





Avec :

$\rho$  : Masse volumique, [Kg/m<sup>3</sup>]

V : Volume en mètres cube, [m<sup>3</sup>]

Ce qui donnera au final :

$$P = Q_v g h$$

Avec :

$Q_v$  : Débit de la chute d'eau en (m<sup>3</sup>/s)

- ❑ On voit que, pour avoir une puissance importante, le produit ( $Q_v h$ ) doit être le plus élevé possible. L'idéal est d'avoir un grand débit sur une grande hauteur de chute.





Lorsque les vannes sont ouvertes, l'eau s'engouffre dans une conduite, et l'énergie potentielle de pesanteur se transforme en énergie cinétique. Plus l'énergie cinétique de l'eau au niveau de l'alternateur sera importante, donc une plus grande quantité d'électricité sera produite.



## Principe de fonctionnement



L'énergie hydroélectrique nécessite un cours d'eau ou une retenue d'eau. La centrale exploite l'énergie potentielle créée par le dénivelé de la chute d'eau.

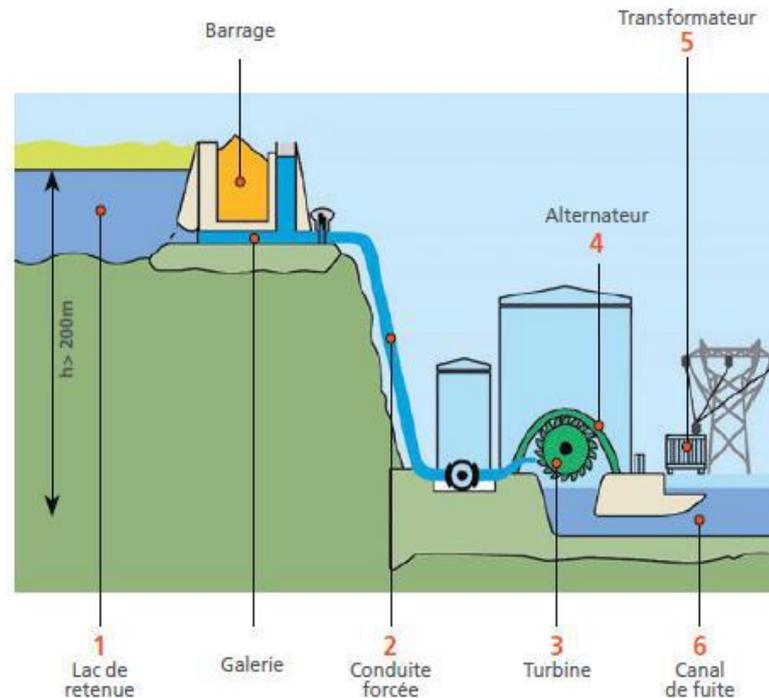
La centrale se compose d'un réservoir, d'une chute d'eau caractérisée par sa hauteur. L'énergie hydraulique est convertie en électricité par le passage de l'eau dans une turbine reliée à un alternateur. La puissance de la centrale dépend également du débit d'eau.



# Le fonctionnement d'une Centrale Hydroélectrique



Le principe est simple et repose sur la force de gravité : il s'agit de transformer l'énergie potentielle de l'eau retenue dans des réservoirs en énergie mécanique au moyen d'une turbine, puis de convertir cette énergie mécanique en électricité grâce à un alternateur.





Le barrage permet d'accumuler de l'eau en quantité en formant **un lac (1)**. Lorsque les vannes sont ouvertes, l'eau s'engage dans une conduite ou un **canal (2)** qui la canalise vers la centrale. L'eau entraîne la rotation de **la turbine (3)**. La turbine entraîne **l'alternateur (4)** qui produit du courant électrique. Celui-ci est redressé par **un transformateur (5)** avant d'être transporté par les lignes à haute tension. À la sortie de l'usine, l'eau rejoint la rivière par **le canal de fuite (6)**.





### **3. Les différents types de turbine**

La turbine hydraulique est une machine alimentée en eau sous pression, qui met en mouvement une roue à aubes et produit de la force, ou puissance mécanique, par l'intermédiaire d'un arbre en rotation.

Les turbines hydrauliques peuvent être à action (Pelton ; Crossflow) ou à réaction (Francis, Kaplan, à pompe inversée)





## Turbines à action

La turbine à action est caractérisée par le fait que l'énergie à disposition de l'aubage est entièrement sous forme d'énergie cinétique.

L'échange d'énergie entre l'eau et l'aubage a lieu à pression constante. La roue de la turbine est dénoyée et tourne dans l'air.



# Turbines de PELTON



La turbine Pelton est constituée par une roue à augets qui est mise en mouvement par un jet d'eau provenant d'un injecteur.

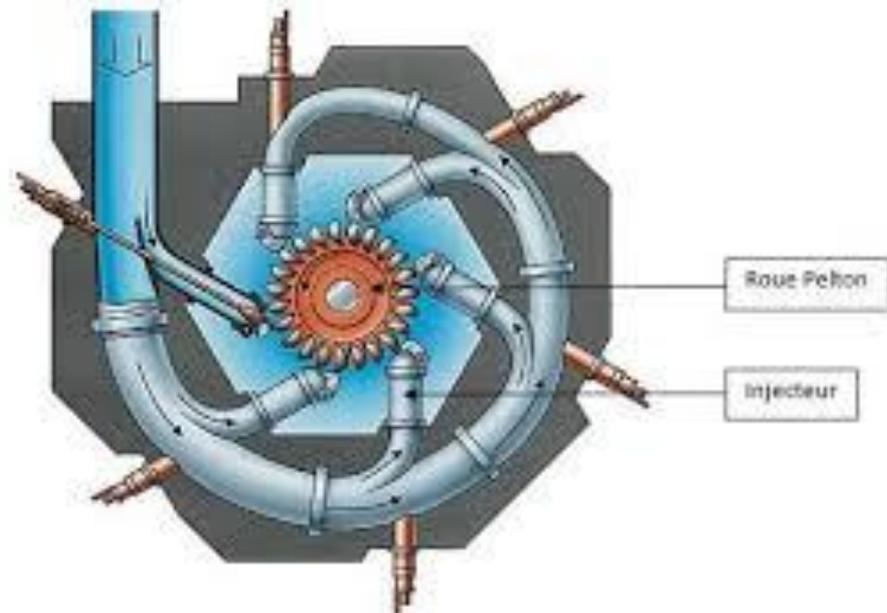
Les augets sont profilés pour obtenir un rendement maximum tout en permettant à l'eau de s'échapper sur les côtés de la roue. L'injecteur est conçu pour produire un jet cylindrique aussi homogène que possible avec un minimum de dispersion.



## Caractéristiques :



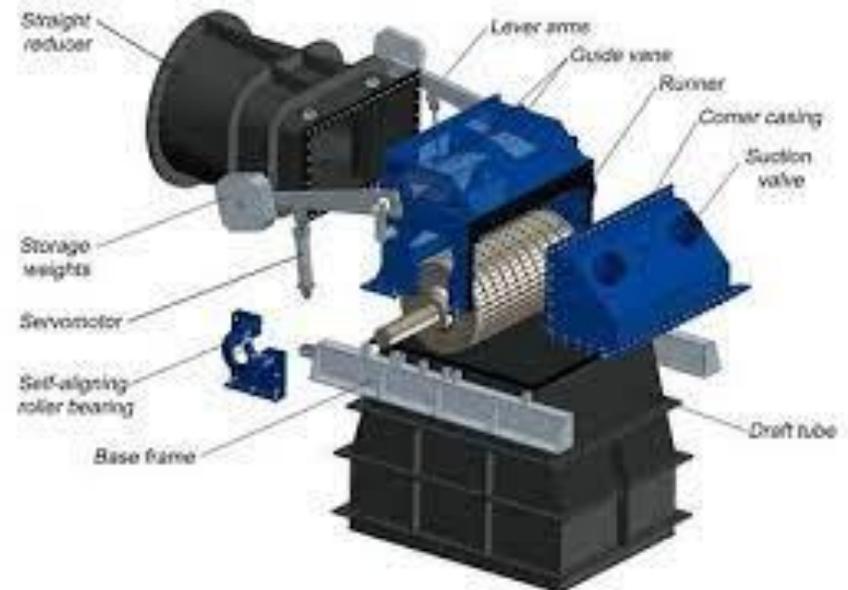
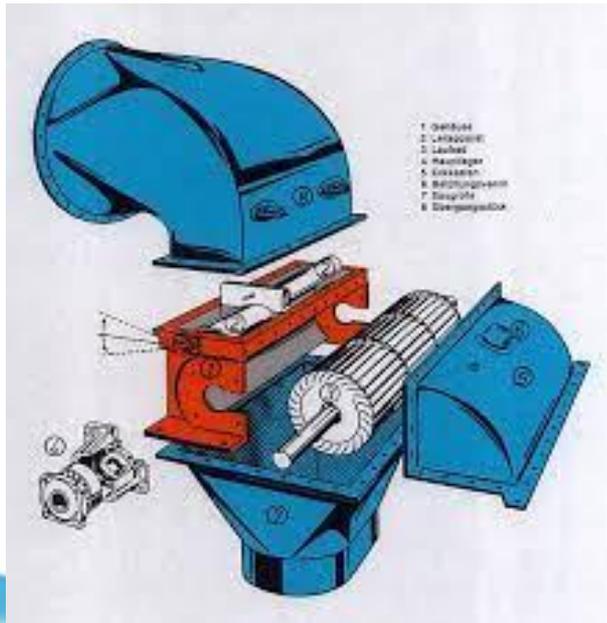
- ✓ Très bon rendement sur toute la plage des débits
- ✓ Simplicité mécanique
- ✓ Adaptée aux hautes chutes avec un débit  $< 15\text{m}^3/\text{s}$



# Turbine CROSSFLOW



Ce type de turbine est utilisé pour de débits moyens et des chutes de 200 mètres. Son nom technique est turbine à flux traversant et l'eau est attrapée à l'intérieur des augets et traverse 2 fois la roue.



Elle est constituée de trois parties principales :



- un injecteur de section rectangulaire
- une roue en forme de tambour, dotée d'aubes cylindriques profilées ;
- un bâti enveloppant la roue et sur lequel sont fixés les paliers de la turbine.

### **Caractéristiques :**

- Construction simple
- Rendement moyen
- Faible débit à moyenne hauteur



## 2. Turbines à réaction:



est une machine noyée qui utilise à la fois la vitesse de l'eau (énergie cinétique) et une différence de pression.

Deux principes sont à la base de son fonctionnement :

1. la création d'un tourbillon au moyen d'une bêche spirale, d'aubages directeurs, ou les deux à la fois ;
2. la récupération du mouvement circulaire du tourbillon par les aubages d'une roue en rotation qui dévient les filets d'eau pour leur donner une direction parallèle à l'axe de rotation.



## **Turbine FRANCIS**

est une conduite spirale qui met l'eau sous pression dans les directrices (aubage) qui mettent en mouvement perpétuel la roue et l'arbre de la turbine. L'eau s'échappe ensuite au-dessous de la turbine.

### **Caractéristiques:**

- Puissances très importantes (centaines de MW)
- Débit moyen (4 -55m<sup>3</sup>/s), chute moyenne à haute de 20 à 700m





**Turbine FRANCIS**



# Turbines hélice et Kaplan

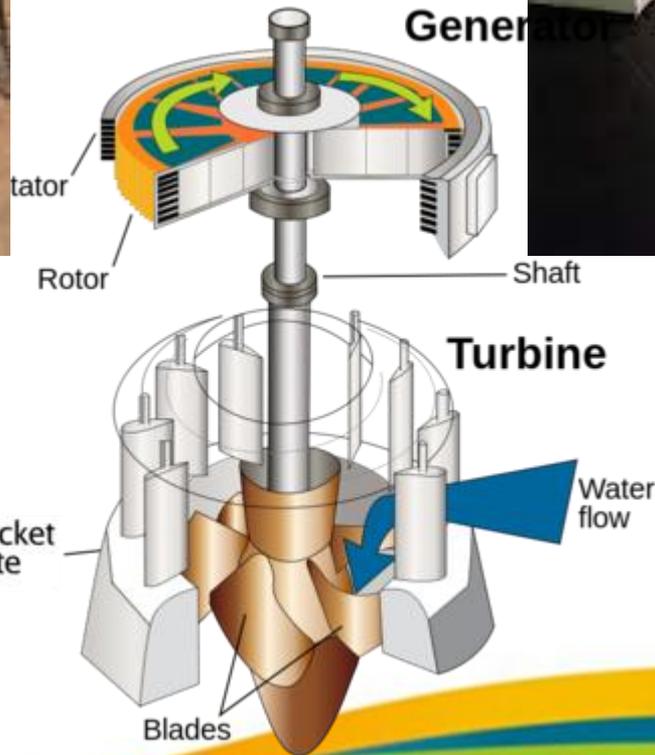


elles sont les plus appropriées pour le turbinage des faibles chutes. Elles se particularisent par leur roue qui est similaire à une hélice de bateau, et dont les pales sont fixes (turbine hélice) ou réglables en marche (turbine Kaplan).

## Caractéristiques:

- Appropriées pour le turbinage des faibles chutes à des grandes débits (<350m<sup>3</sup>/s)
- Pales réglables en marche pour varier le débit





## Turbines hélice et Kaplan



## Pompe centrifuge inversée



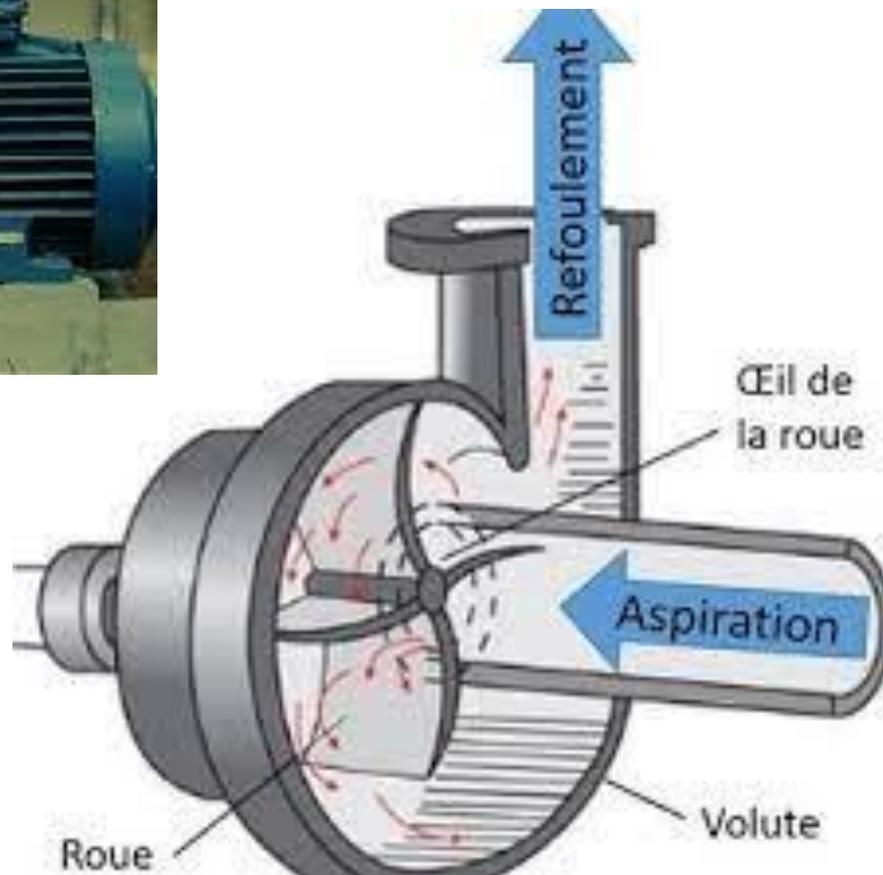
La pompe inversée est une pompe standard qui est utilisée comme turbine en inversant le sens de l'écoulement de l'eau ainsi que celui de la rotation de l'arbre.

### Caractéristiques:

- Pompe standard utilisée comme turbine en inversant le sens de l'écoulement de l'eau ainsi que celui de la rotation de l'arbre.
- Machine simple et bon marché
- Faible à moyen débits, moyenne à grande chute



## Pompe centrifuge inversée





## 2. Energie marine





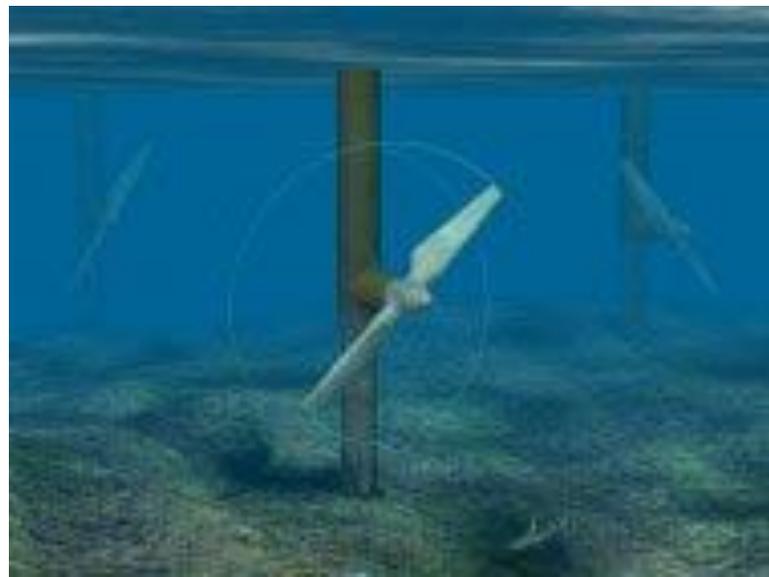
## Hydrolienne

Une **hydrolienne** est une turbine hydraulique (sous-marine) qui utilise l'énergie cinétique des courants marins, comme une éolienne.

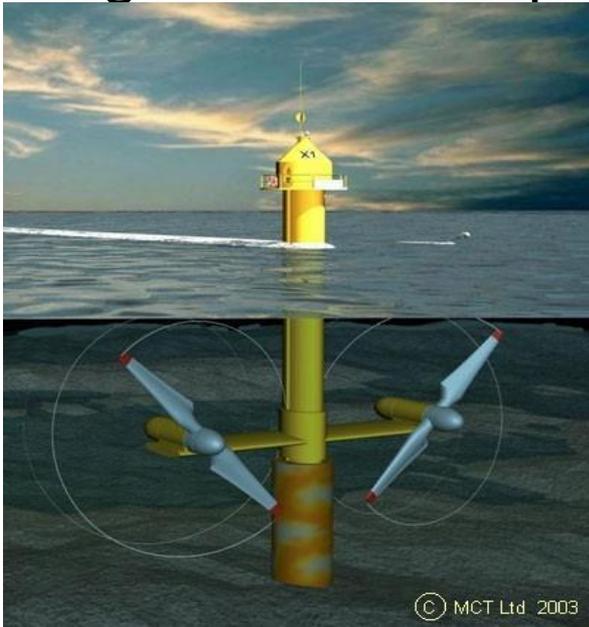
Les hydroliennes, implantées dans les profondeurs des mers, transforment l'énergie en électricité grâce à la force des courants.



## Hydrolienne

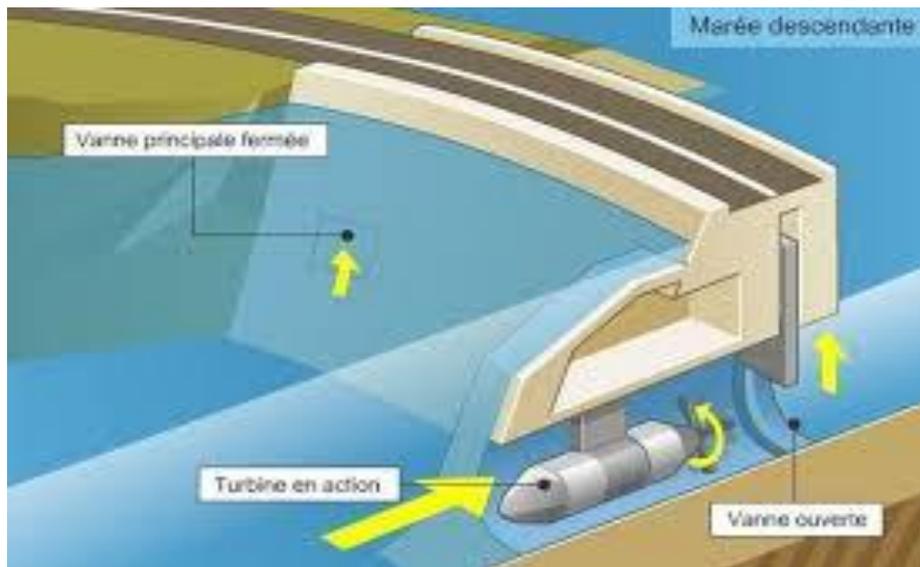


Les sortes d'hydroliennes **SeaGen** au large de la Grande-Bretagne ont une capacité de 1,2MW





**marémotrice:** est issue des mouvements de l'eau créés par les marées et causés par l'effet conjugué des forces de gravitation de la Lune et du Soleil.



**La centrale marémotrice de la Rance-France produisent environ 500 GWh/an**



